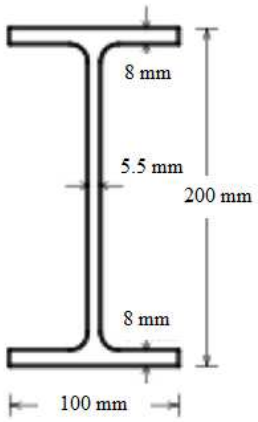
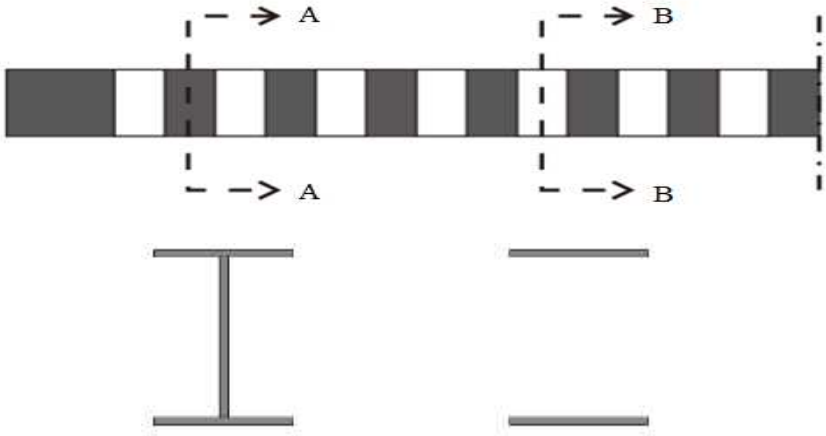
LAMPIRAN

A. PROFIL BAJA IWF

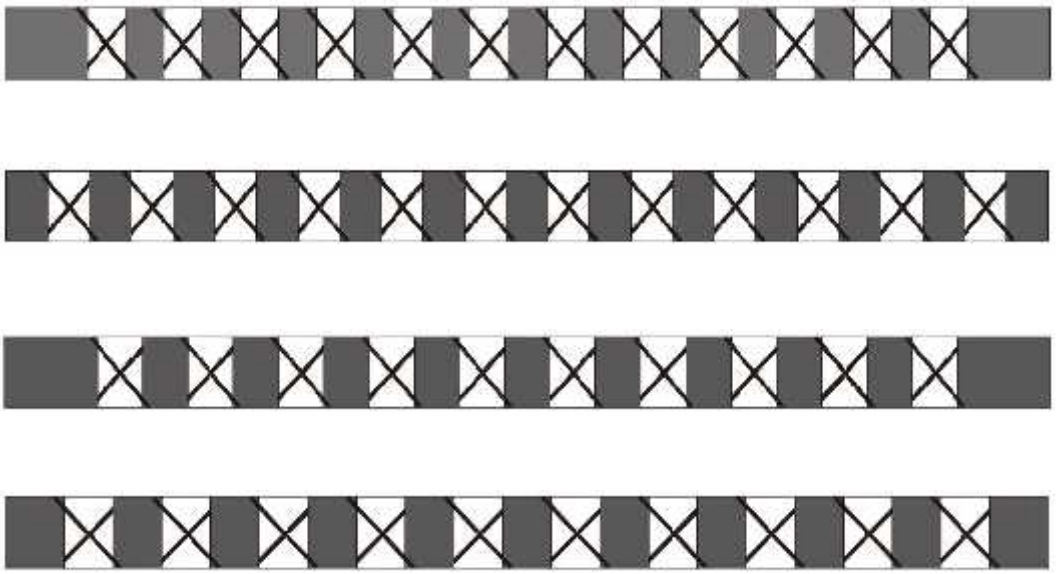
Profil Baja IWF 200 x 100		
Tinggi penampan (A)	200	mm
Lebar Penampang (B)	100	mm
Tebal Badan Profil (tw)	5.5	mm
Tebal Sayap Profil (tf)	8	mm
Jari Jari (r)	11	mm
Inesia (Ix)	1840	cm^4
Modulus *Section* (Zx)	184	cm^3
Ø pengaku tulangan	19	mm



B. PROFIL BAJA *CASTELLATED*



Profil Baja *Castellated*		
Tinggi penampan (H)	362	mm
Lebar Penampang (B)	100	mm
Tebal Badan Profil (tw)	5.5	mm
Tebal Sayap Profil (tf)	8	mm
Jari Jari (r)	11	mm
Modulus *Section* tanpa lubang (Zx)	409.942	cm^3
Modulus *Section* dengan lubang (Zx)	5199.066	cm^3
Ø pengaku tulangan	19	mm
Tinggi Lubang	324	mm
Lebar Lubang 1	110	mm
Lebar Lubang 2	120	mm
Lebar Lubang 3	130	mm
Lebar Lubang 4	140	mm
Tinggi Lubang (ho)	324	mm



Perhitungan Dimensi Kastela

- Tinggi Kastela

  dg = ((A - 2tf - 2r) x 2) + 2tf + 2r

  = 362 mm

- Tinggi Bukaan

  ho = (A - 2tf - 2r) x 2

  = 324 mm

C. KAPASITAS MOMEN DAN GESER IWF

h = A - 2 (tf + r)

= 162 mm

- Kontrol Penampang

a) Pelat Sayap

ʎ = B / 2 tf

= 6.25

ʎp = 170 / √fy

= 10.97

ʎ < ʎp

6.25 < 10.97

OK

b) Pelat Badan

ʎ = h / tw

= 29.45

ʎp 1680 / √fy

= 108.44

ʎ < ʎp

29.45 < 108.44

OK

- Kapasitas Penampang

Profil Kompak

Mn = Mp

Mn = fy x Zx

= 441600 kgcm

= 44.16 kNm

ΔAs = ho x tw

= 550 mm^2

= 5.5 cm^2

ΦMn = 0.9 x Mn

= 397440 kgcm

= 39.744 kNm

- Kapasitas Geser

  Vp = fy x tw x B/√3

  = 762102.3553N

  = 762.10 kN

  ΦV = 0.9 x Vp

  = 685.89 kN

  Reaksi = 79.21 kN

- Kapasitas Momen Leleh

  y = 0.5 H

  = 100 mm

  Sx = 184000 mm^3

  = 184 cm^3

  Kapasitas Momen Leleh

  My = fy x Sx

  = 441600 kg/cm

  = 44.16 kNm

- Kapasitas Momen Plastis

  Zx = bt (d - t) + 0.25wh^2

  = 202716.37 mm^3

  = 202.71 cm^3

  Kapasitas Momen Plastis

  Mp = fy x Zx

  = 486519.3 kgcm

  = 48.65 kNm

- Kapasitas Beban Leleh (Py)

  My = $\frac{1}{2}P$ x $\frac{1}{2}H$

  Py = 58.88 kN

- Kapasitas Beban Plastis (Pp)

  Mp = $\frac{1}{2}P$ x $\frac{1}{2}H$

  Pp = 64.86 kN

D. TEKUK LENTUR LATERAL IWF

- ry = $(Iy/A)^{0.5}$
  = 22.21 mm
- Lp = 1.76 x ry x √E/fy
  = 1128.52 mm
  = 1.12 m
- Cw = (Iy x ho^2)/4
  = 11341760000 mm^6
- r ts^2 = 670 mm
  r ts = 25.88 mm

  atau boleh diperkirakan secara selisih konservatif

  rts = $\frac{b}{\sqrt{12\,x\,(1+\frac{1}{6}\,x\,\frac{h\,x\,t_1}{b\;\;x\,t_2}}}$
  = 26.23 mm
- J = 1/3 x (2 x tf^3 bf + tw^3 x ho)
  = 44337.66 mm^4
- Lr = $1.95\ rts\ x\ \frac{E}{0.7f}\ x\ \sqrt{\frac{J}{S\;\;x\,ho}+\sqrt{\left(\frac{J}{S\;\;x\,ho}\right)^2+6.76\left(\frac{0.7\;f}{E}\right)^2}}$

  A **B**

  A = 60900.73 mm
  B = 0.06 mm
  Lr = A x B
  = 3781.80 mm
  = 3.78 m
- Lp < Lr
  1.12 < 3.78

  Digunakan batang balok Lb =3m, memenuhi persyaratan Lp < Lb < Lr agar tidak terjadi *Lateral Torsional Buckling*.

E. SAMBUNGAN LAS DAN PANJANG TULANGAN

- Kuat Sambungan Las

  Luas Penampang Tulangan

  A = 283.528737 mm²

  Ø Pn = fy x A

  = 68.04 kN

  Kuat sambungan las harus > 587 KN

  Tebal profil IWF = 5.5 mm

  Tebal las tumpul = 5 mm

  Diameter minimum = 19 mm

  Aef = a x L

  = 5 mm

  Mutu kawat las f60xa (Fexa) = 430 mpa

  Fnw = 0.6 x Fexa

  = 258 MPa

  Maka kuat las nya

  Rn = Fnw x Aw

  Ø = 0.75

  Rn = 0.68 kN

- Panjang Perlu Las

  Pu max / ØRn = 99.48 mm

- Panjang Tulangan yang Dipakai

  a) Lebar Lubang 110 mm

  0.5H = 162 mm

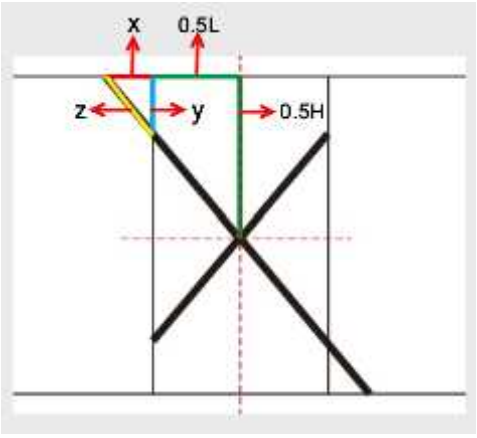
  0.5L = 55 mm

$$\frac{y}{0.5H} = \frac{x}{0.5L + x}$$

$$\frac{y}{162} = \frac{x}{55 + x}$$

$$y\,(55 + x) = 162x$$

$$y = \frac{162x}{(55 + x)}$$



Asumsi nilai x = 30 mm

0,5L = 55 mm

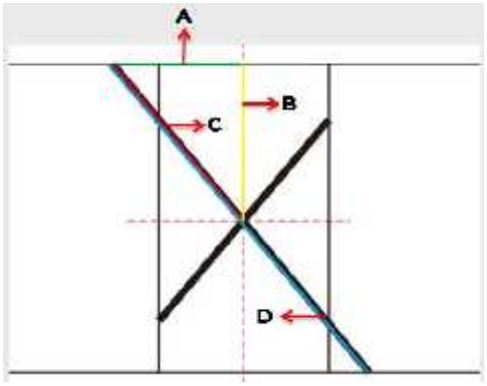
Nilai y = 57.17 mm

Nilai z = 64.56 mm

Nilai 2z = 129.13 mm

Sudut pengaku tulangan

alpha 1 (α1) = 62.31



L1		
A	85	mm
B	162	mm
C	182.945	mm
D	236.753	mm

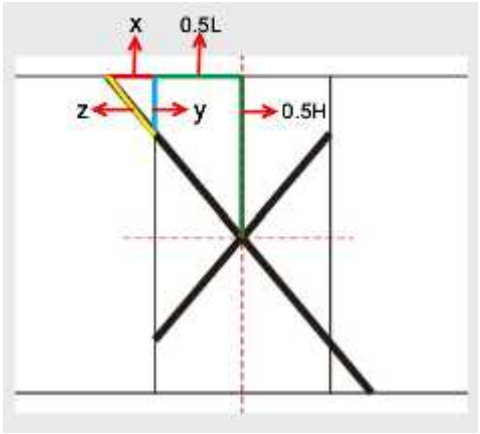
D = panjang tulangan yang dihitung

Jadi, panjang tulangan yang diperlukan untuk lebar lubang 110 mm adalah 236.75 mm.

b) Lebar Lubang 120 mm

0.5H = 162 mm

0.5L = 60 mm



$$\frac{y}{0.5H} = \frac{x}{0.5L + x}$$

$$\frac{y}{162} = \frac{x}{60 + x}$$

$$y\,(60 + x) = 162x$$

$$y = \frac{162x}{(60 + x)}$$

Asumsi nilai x = 30 mm

0,5L = 60 mm

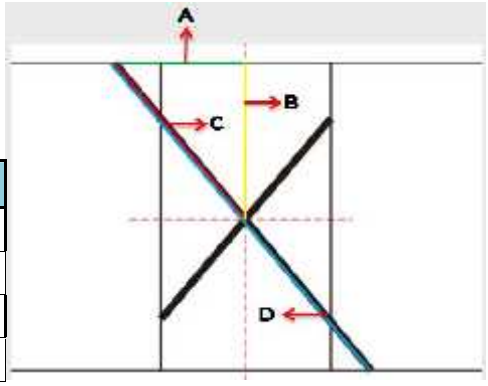
Nilai y = 54 mm

Nilai z = 61.77 mm

2z = 123.54 mm

Sudut pengaku tulangan

alpha 2 (α2) = 60.94



L2		
A	90	mm
B	162	mm
C	185.321	mm
D	247.095	mm

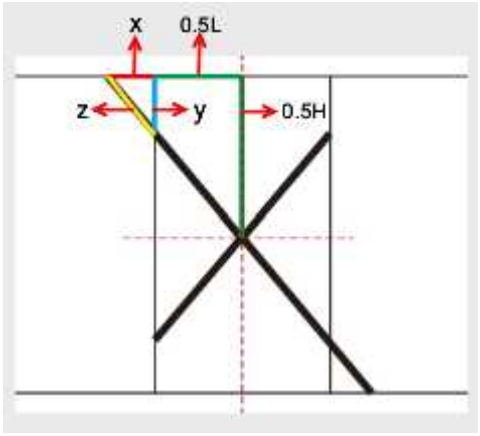
D = panjang tulangan yang dihitung

Jadi, panjang tulangan yang diperlukan untuk lebar lubang 120 mm adalah 247.09 mm.

c) Lebar Lubang 130 mm

0.5H = 162 mm

0.5L = 65 mm



$$\frac{y}{0.5H} = \frac{x}{0.5L + x}$$

$$\frac{y}{162} = \frac{x}{65 + x}$$

$$y\,(65 + x) = 162x$$

$$y = \frac{162x}{(65 + x)}$$

Asumsi nilai x = 30 mm

0,5L = 65 mm

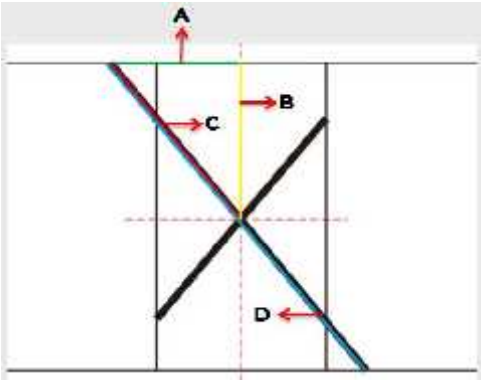
Nilai y = 51.15 mm

Nilai z = 59.30 mm

2z = 118.61 mm

Sudut pengaku tulangan

alpha 3 (α3) = 59.61



L3		
A	95	mm
B	162	mm
C	187.8	mm
D	256.99	mm

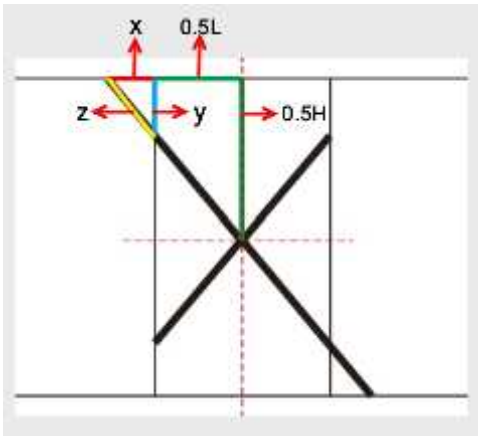
D = panjang tulangan yang dihitung

Jadi, panjang tulangan yang diperlukan untuk lebar lubang 130 mm adalah 256.99 mm.

d) Lebar Lubang 140 mm

0.5H = 162 mm

0.5L = 70 mm



$$\frac{y}{0.5H} = \frac{x}{0.5L + x}$$

$$\frac{y}{162} = \frac{x}{70 + x}$$

$$y\,(70 + x) = 162x$$

$$y = \frac{162x}{(70 + x)}$$

Asumsi nilai x = 30 mm

0,5L = 70 mm

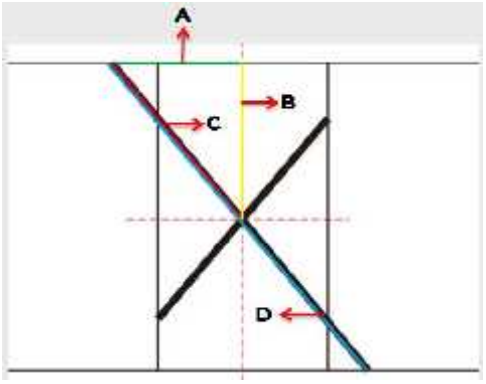
Nilai y = 48.6 mm

Nilai z = 57.11 mm

2z = 114.22 mm

Sudut pengaku tulangan

alpha 4 (α4) = 58.31



L4		
A	100	mm
B	162	mm
C	190.379	mm
D	266.53	mm

D = panjang tulangan yang dihitung

Jadi, panjang tulangan yang diperlukan untuk lebar lubang 140 mm adalah 266.52 mm.

F. KAPASITAS BATANG TEKAN DAN TARIK PADA TULANGAN

Lebar Lubang		Panjang Tulangan	
110	mm	236.753	mm
120	mm	247.095	mm
130	mm	256.99	mm
140	mm	266.53	mm

- Ag = 1/4 π D²
  = 283.52 mm²
- Ix = 1/4 π r⁴
  = 6397.11 mm⁴
- rx = √(Ix / A)
  = 4.75 mm
- Asumsi K

  Untuk jepit - jepit nilai K yang digunakan adalah 0.5

  Untuk sendi - sendi nilai K yang digunakan adalah 1

a) Tulangan pada variasi lebar lubang 110 mm

- Kapasitas Batang Tekan
  - Jepit - Jepit

    K = 0.5

    KL/r ≤ 4,71 √E/Fy

    24.92 ≤ 135.96 tekuk inelastis

    Fe = π²E / (KL/r)²
    = 3178.24

    Fcr = $(0{,}658^{(Fy/Fe)})Fy$
    = 232.53MPa

    Pn = Fcr x Ag
    = 65929.82
    = 65.92 kN

- Sendi - Sendi

  K = 1

  KL/r ≤ 4,71 √E/Fy

  49.84 ≤ 135.96 tekuk inelastis

  Fe = π ²E / (KL/r)²

  = 794.56

  Fcr = $(0{,}658^{(Fy/Fe)})Fy$

  = 211.49 MPa

  Pn = Fcr x Ag

  = 59965.67

  = 59.96 kN

➢ Kapasitas Batang Tarik

Pn = Fy x Ag

= 68046.89

= 68.04 kN

b) Tulangan pada variasi lebar lubang 120 mm

➢ Kapasitas Batang Tekan

- Jepit - Jepit

  K 0.5

  KL/r ≤ 4,71 √E/Fy

  26.01 ≤ 135.96 tekuk inelastis

  Fe = π ²E / (KL/r)²

  = 2917.75

  Fcr = $(0{,}658^{(Fy/Fe)})Fy$

  = 231.87 MPa

  Pn = Fcr x Ag

  = 65744.05

  = 65.74 kN

- Sendi - Sendi

  K 1

  KL/r ≤ 4,71 √E/Fy

  52.02 ≤ 135.96 tekuk inelastis

  Fe = π ²E / (KL/r)²

  = 729.43

  Fcr = $(0{,}658^{(Fy/Fe)})Fy$

  = 209.12 MPa

  Pn = Fcr x Ag

  = 59292.66

  = 59.29 kN

➢ Kapasitas Batang Tarik

Pn = Fy x Ag

= 68046.89

= 68.04 kN

c) Tulangan pada variasi lebar lubang 130 mm

➢ Kapasitas Batang Tekan

- Jepit - Jepit

  K = 0.5

  KL/r ≤ 4,71 √E/Fy

  27.05 ≤ 135.96 tekuk inelastis

  Fe = π ²E / (KL/r)²

  = 2697.39

  Fcr = $(0{,}658^{(Fy/Fe)})Fy$

  = 231.22 MPa

  Pn = Fcr x Ag

  = 65559.40

  = 65.55 kN

- Sendi - Sendi

  K = 1

  KL/r ≤ 4,71 √E/Fy

  54.10 ≤ 135.96 tekuk inelastis

  Fe = π ²E / (KL/r)²

  = 674.34

  Fcr = $(0{,}658^{(Fy/Fe)})Fy$

  = 206.78 MPa

  Pn = Fcr x Ag

  = 58629.35

  = 58.62 kN

➢ Kapasitas Batang Tarik

Pn = Fy x Ag

= 68046.89

= 68.04 kN

d) Tulangan pada variasi lebar lubang 140 mm

➢ Kapasitas Batang Tekan

- Jepit - Jepit

  K = 0.5

  KL/r ≤ 4,71 √E/Fy

  28.05 ≤ 135.96 tekuk inelastis

  Fe = π ²E / (KL/r)²

  = 2507.75

  Fcr = $(0{,}658^{(Fy/Fe)})Fy$

  = 230.57 MPa

  Pn = Fcr x Ag

  = 65375.03891

  = 65.37 kN

- Sendi - Sendi

  K = 1

  KL/r ≤ 4,71 √E/Fy

  56.11 ≤ 135.96 tekuk inelastis

  Fe = π ²E / (KL/r)²

  = 626.93

  Fcr = $(0{,}658^{(Fy/Fe)})Fy$

  = 204.46 MPa

  Pn = Fcr x Ag

  = 57972.61

  = 57.97 kN

- Kapasitas Batang Tarik

  Pn = Fy x Ag

  = 68046.89

  = 68.04 kN

Jadi, kapasitas batang tekan dan tarik pada tulangan dapat dilihat pada tabel berikut :

Variasi lebar lubang (mm)	Tekan (kN)		Tarik (kN)
	Jepit-Jepit	Sendi-Sendi	
110	65.929826	59.965676	68.0469
120	65.744055	59.292664	68.0469
130	65.559407	58.62935	68.0469
140	65.375039	57.972612	68.0469

G. KAPASITAS BATANG TEKAN DAN TARIK PADA SAYAP

Lebar Lubang			
110	mm	11	cm
120	mm	12	cm
130	mm	13	cm
140	mm	14	cm

- Ag = B x tf
  = 800 mm²
- Ix = 1/12 x b x h^3
  = 4693.33 mm^4
- Iy 1/12 x b x h3
  = 887333.33 mm^4
- rx = $(Ix / A)^{0,5}$
  = 2.42 mm
- ry = $(Iy / A)^{0,5}$
  = 33.30 mm
- Asumsi K

  Untuk jepit - jepit nilai K yang digunakan adalah 0.5

  Untuk sendi - sendi nilai K yang digunakan adalah 1

a) Tulangan pada variasi lebar lubang 110 mm

- Kapasitas Batang Tekan
  - Jepit - Jepit

    K = 0.5

    KL/r ≤ 4,71 √E/Fy

    22.70 ≤ 135.96 tekuk inelastis

    Fe = $\pi^2 E / (KL/r)^2$
    = 3828.21

    Fcr = $(0,658^{(Fy/Fe)})Fy$
    = 233.78 MPa

Pn = Fcr x Ag

= 187027.45

= 187.02 kN

- Sendi - Sendi

K = 1

KL/r ≤ 4,71 √E/Fy

45.41 ≤ 135.96 tekuk inelastis

Fe = π^2E / (KL/r)²

= 957.05

Fcr = $(0{,}658^{(Fy/Fe)})$Fy

= 216.08 MPa

Pn = Fcr x Ag

= 172869.25

= 172.86 kN

- Kapasitas Batang Tarik

Pn = Fy x Ag

= 192000

= 192 kN

b) Tulangan pada variasi lebar lubang 120 mm

- Kapasitas Batang Tekan
  - Jepit - Jepit

K = 0.5

KL/r ≤ 4,71 √E/Fy

23.71 ≤ 135.96 tekuk inelastis

Fe = π^2E / (KL/r)²

= 3509.19

Fcr = $(0{,}658^{(Fy/Fe)})$Fy

= 233.22 MPa

Pn = Fcr x Ag

= 186581.83

= 186.58 kN

- Sendi - Sendi

K = 1

KL/r ≤ 4,71 √E/Fy

47.43 ≤ 135.96 tekuk inelastis

Fe = π ²E / (KL/r)²

= 877.29

Fcr = $(0{,}658^{(Fy/Fe)})Fy$

= 214.03 MPa

Pn = Fcr x Ag

= 171227.61

= 171.22 kN

- Kapasitas Batang Tarik

Pn = Fy x Ag

= 192000

= 192 kN

c) Tulangan pada variasi lebar lubang 130 mm

- Kapasitas Batang Tekan
  - Jepit - Jepit

K = 0.5

KL/r ≤ 4,71 √E/Fy

24.68 ≤ 135.96 tekuk inelastis

Fe = π ²E / (KL/r)²

= 3239.25

Fcr = $(0{,}658^{(Fy/Fe)})Fy$

= 232.67 MPa

Pn = Fcr x Ag

= 186137.28

= 186.13 kN

- Sendi - Sendi

K = 1

KL/r ≤ 4,71 √E/Fy

49.37 ≤ 135.96 tekuk inelastis

Fe = π ²E / (KL/r)²

= 809.81

Fcr = $(0{,}658^{(Fy/Fe)})Fy$

= 212.00 MPa

Pn = Fcr x Ag

= 169601.56

= 169.60 kN

- Kapasitas Batang Tarik

Pn = Fy x Ag

= 192000

= 192 kN

d) Tulangan pada variasi lebar lubang 140 mm

- Kapasitas Batang Tekan
  - Jepit - Jepit

K = 0.5

KL/r ≤ 4,71 √E/Fy

25.61 ≤ 135.96 tekuk inelastis

Fe = π ²E / (KL/r)²

= 3007.87

Fcr = $(0{,}658^{(Fy/Fe)})Fy$

= 232.11 MPa

Pn = Fcr x Ag

= 185693.79

= 185.69 kN

- Sendi - Sendi

K = 1

KL/r ≤ 4,71 √E/Fy

51.23 ≤ 135.96 tekuk inelastis

Fe = π^2E / (KL/r)²

= 751.96

Fcr = $(0{,}658^{(Fy/Fe)})$Fy

= 209.98 MPa

Pn = Fcr x Ag

= 167990.95

= 167.99 kN

- Kapasitas Batang Tarik

Pn = Fy x Ag

= 192000

= 192 kN

Jadi, kapasitas batang tekan dan tarik pada sayap untuk variasi lebar lubang 110 mm, 120 mm, 130 mm, dan 140 mm dapat dilihat pada tabel berikut :

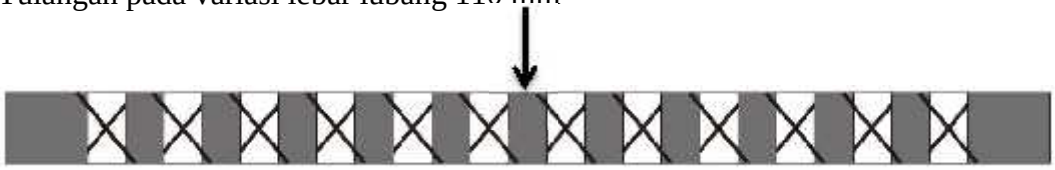
Variasi Lebar Lubang		Batang Tekan (mm)		Batang
		Jepit	Sendi	Tarik (mm)
110	mm	187.02745	172.869	192
120	mm	186.58184	171.228	192
130	mm	186.13729	169.602	192
140	mm	185.6938	167.991	192

H. PERHITUNGAN KAPASITAS BEBAN PADA BALOK *CASTELLATED*

Sudut Pengaku	**α 1**	**α 2**	**α 3**	**α 4**
Sin α	0.88	0.87	0.86	0.85
Cos α	0.46	0.48	0.50	0.52

Variasi Baja *Castellated* (mm)	Kapasitas Tulangan			Kapasitas Sayap		
	Tekan (kN)		Tarik (kN)	Tekan (kN)		Tarik (kN)
	Jepit	Sendi		Jepit	Sendi	
110	65.92	59.96	68.04	187.02	172.86	192
120	65.74	59.29	68.04	186.58	171.22	192
130	65.55	58.62	68.04	186.13	169.60	192
140	65.37	57.97	68.04	185.69	167.99	192

a) Tulangan pada variasi lebar lubang 110 mm



Input Beban (P)

- P = 90.27 kN
- 0.5P = 45.13 kN
- h = 362 mm
- H = 3000 mm
- 0.5H = 1500 mm

➢ Perhitungan gaya aksial pada tulangan (Pu tulangan)

Pu tulangan

Pu = 25.48 kN

Kapasitas tulangan (Pn Tulangan)

Pn Tekan Jepit = 65.92 kN

Pn Tekan Sendi = 59.96 kN

Pn Tarik = 68.04 kN

Pada P = 90.27 kN tulangan belum mengalami kegagalan karena nilai Pu < Pn.

- Perhitungan gaya aksial pada tulangan (Pu sayap)

  Pu Sayap

  Pu 187.02 kN

  Kapasitas sayap (Pn Sayap)

  Pn Tekan Jepit = 187.02 kN

  Pn Tekan Sendi = 172.86 kN

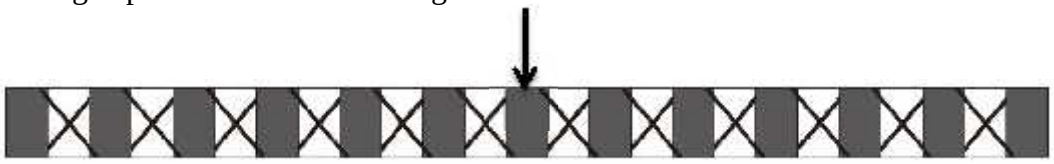
  Pn Tarik = 192 kN

  Pada P = 90.27 kN sayap mengalami kegagalan TEKAN karena nilai Pu = Pn.

Kesimpulan :

Baja castellated variasi 1 memiliki kapasitas beban sebesar P = 90.27 kN dengan kegagalan yang terjadi pada sayap tekan.

b) Tulangan pada variasi lebar lubang 120 mm



Input Beban (P)

- P = 90.05 kN
- 0.5P = 45.02 kN
- h = 362 mm
- H = 3000 mm
- 0.5H = 1500 mm

- Perhitungan gaya aksial pada tulangan (Pu tulangan)

  Pu tulangan

  Pu = 25.75 kN

  Kapasitas tulangan (Pn Tulangan)

  Pn Tekan Jepit = 65.74 kN

  Pn Tekan Sendi = 59.29 kN

  Pn Tarik = 68.04 kN

  Pada P = 90.05 kN tulangan belum mengalami kegagalan karena nilai Pu < Pn.

- Perhitungan gaya aksial pada tulangan (Pu sayap)

  Pu Sayap

  Pu = 186.58 kN

  Kapasitas sayap (Pn Sayap)

  Pn Tekan Jepit = 186.58 kN

  Pn Tekan Sendi = 171.22 kN

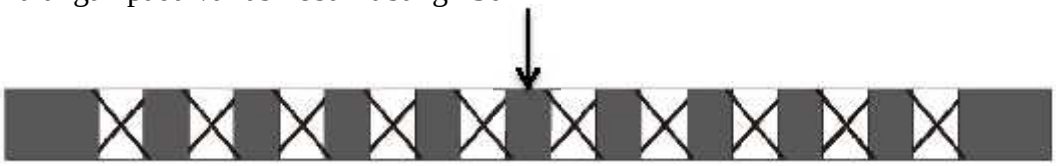
  Pn Tarik = 192 kN

  Pada P = 90.05683456 kN sayap mengalami kegagalan TEKAN karena nilai Pu = Pn.

Kesimpulan :

Baja castellated variasi 1 memiliki kapasitas beban sebesar P 90.05 kN dengan kegagalan yang terjadi pada sayap tekan.

c) Tulangan pada variasi lebar lubang 130 mm



- Input Beban (P)
- P = 89.84 kN
- 0.5P = 44.92 kN
- h = 362 mm
- H = 3000 mm
- 0.5H = 1500 mm

- Perhitungan gaya aksial pada tulangan (Pu tulangan)

  Pu tulangan

  Pu = 26.03 kN

  Kapasitas tulangan (Pn Tulangan)

  Pn Tekan Jepit = 65.55 kN

  Pn Tekan Sendi = 58.62 kN

  Pn Tarik = 68.04 kN

  Pada P = 89.84 kN tulangan belum mengalami kegagalan karena nilai Pu < Pn.

- Perhitungan gaya aksial pada tulangan (Pu sayap)

  Pu Sayap

  Pu = 186.13 kN

  Kapasitas sayap (Pn Sayap)

  Pn Tekan Jepit = 186.13 kN

  Pn Tekan Sendi = 169.60 kN

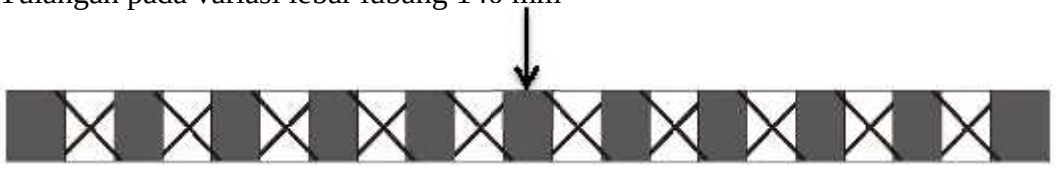
  Pn Tarik = 192 kN

  Pada P = 89.84 kN sayap mengalami kegagalan TEKAN karena nilai Pu = Pn.

Kesimpulan :

Baja castellated variasi 1 memiliki kapasitas beban sebesar P = 89.84 kN dengan kegagalan yang terjadi pada sayap tekan.

d) Tulangan pada variasi lebar lubang 140 mm



Input Beban (P)

- P = 89.62 kN
- 0.5P = 44.81 kN
- h = 362 mm
- H = 3000 mm
- 0.5H = 1500 mm

- Perhitungan gaya aksial pada tulangan (Pu tulangan)

  Pu tulangan

  Pu = 26.33 kN

  Kapasitas tulangan (Pn Tulangan)

  Pn Tekan Jepit = 65.37 kN

  Pn Tekan Sendi = 57.97 kN

  Pn Tarik = 68.04 kN

  Pada P = 89.62 kN tulangan belum mengalami kegagalan karena nilai Pu < Pn.

- Perhitungan gaya aksial pada tulangan (Pu sayap)

  Pu Sayap

  Pu = 185.69 kN

  Kapasitas sayap (Pn Sayap)

  Pn Tekan Jepit = 185.69 kN

  Pn Tekan Sendi = 167.99 kN

  Pn Tarik = 192 kN

  Pada P = 89.62 kN sayap mengalami kegagalan TEKAN karena nilai Pu = Pn.

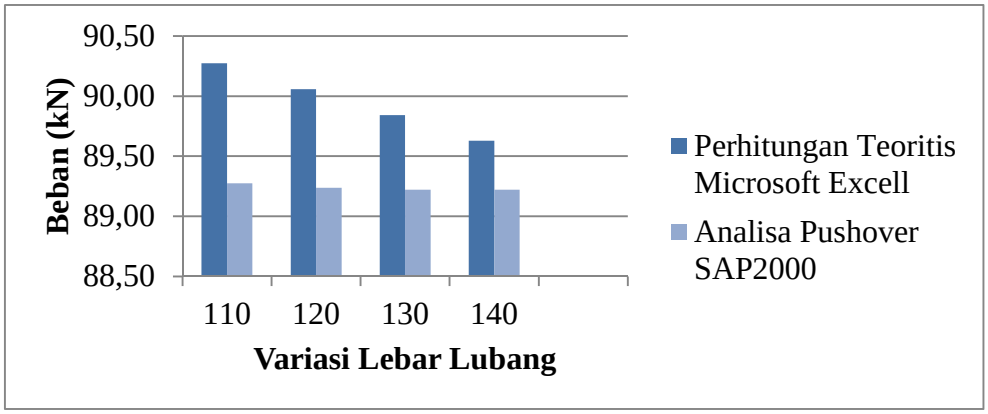
Kesimpulan :

Baja castellated variasi 1 memiliki kapasitas beban sebesar P = 89.62 kN dengan kegagalan yang terjadi pada sayap tekan.

I. KESIMPULAN

a) Perbandingan Kapasitas Beban pada Balok *Castellated*

Variasi Lebar Lubang (mm)	Teoritis (Microsoft Excell)		Numeris (SAP2000)		Batas Kesalahan	
110	90.27	kN	89.27	kN	1.11	%
120	90.06	kN	89.24	kN	0.91	%
130	89.84	kN	89.22	kN	0.69	%
140	89.63	kN	89.22	kN	0.45	%



b) Perbandingan Kapasitas Momen pada Balok *Castellated*

Variasi Lebar Lubang (mm)	Teoritis (Microsoft Excell)		Numeris (SAP2000)		Batas Kesalahan	
110	67.7	kN	66.95	kN	1.1	%
120	67.54	kN	66.92	kN	0.91	%
130	67.38	kN	66.91	kN	0.68	%
140	67.25	kN	66.91	kN	0.5	%